大気圧工法を用いた軟弱地盤のデータ同化



2. 調整池基盤

対象とした調整池基礎地盤は,深度15m程度以上の沖積 層が堆積しており,地盤改良が必要であった。調整池の面 積が広大で予定工期が短いことから,通常のプレロード工 法や地盤混合処理などの圧密促進工法の採用は困難とされ た。そこで地盤改良工法として,バーチカルドレーンを介 して地盤に負圧を作用し,間隙水圧を減少させることで圧 密沈下を促進する大気圧工法が採用された。図-1 に調整池 基礎地盤の平面図を示す。この地盤を48の施工ブロックに 分け,各ブロックで大気圧工法載荷中の負圧履歴を測定し た。周囲には連続地中壁を設置し,プレロード盛土(薄い

灰色の領域)を段階載荷している。各ブロックの中でも、特に腐植土層が比較的広範囲に分布している濃い灰色の領域を対象領域としてモデル化し、解析を行った。 図-2に対象領域内中央X方向の垂直断面図を示す。基本的には粘性土層と砂層の互層で構成されているが、深度-3~-4mのところでは腐植土層が分布している。

3. 解析条件

実施工の設計段階では、大気圧工法による間隙水圧の減少分を圧密荷重の増加分と見なし、Barronの理論に基づいた一次元圧密モデルを図-1の各ブロックについて

用いた。しかし、この計算方法は体積変化が応力経路に依存しないと仮定しており、地盤条件や施工過程が複 雑な場合に初期条件や境界条件の設定が忠実に考慮できない、大気圧載荷特有の引き込み型の変形を考慮でき ないといった問題があった。そこで、SYS カムクレイモデルを用いた水~土連成有限要素解析を実施した。 図-3 に図-2 断面に関する有限要素メッシュ、境界条件と観測地点を示す。解析条件の設定にあたっては、大 気圧工法に対する既往の解析⁴⁾を参考にした。図-4 に大気圧工法による負圧とプレロード盛土建設による載荷 過程を示す。同定するパラメータとして、地盤の沈下挙動に対して支配的な定数となる粘性土層の圧縮指数 λ と透水係数 k (cm/sec)を選定した。室内圧密試験結果より、腐植土層の圧縮指数は粘土層の圧縮指数と相互関 係があるものとする。ここでは粒子数を 200 とし、一様乱数により 0.372 $\leq \lambda \leq 1.115$, -8.0 $\leq \log k \leq -6.8$ の範囲 で粒子を作成した。作成した粒子に基づき、盛土直下の地盤挙動を対象とした弾塑性シミュレーションを行い、 観測データとして吸引開始 140 日後までの盛土直下の地表面沈下量を用い、PFによるデータ同化を実施した。



正会員 〇柴田俊文

松江工業高等専門学校

5



Clay I





4. データ同化結果

図-5、図-6 に同定パラメータ(各時刻におけるパラメータの重み 付き平均)の経時変化を示す。比較対象とした設計段階の推定は, Barron の理論に基づいた圧密沈下量算定結果と観測値の残差二乗和 最小とした。λについて、一次元モデルを用いた同定結果と比較する と、PFによる同定パラメータは顕著に小さな値となった(図-6)。ま た,確率分布の形状に影響を及ぼす分散共分散行列 $R_t = (\xi S)^2$ (S:観 測点で見込まれる最大沈下量)の違いにより、特に λ においては同 定パラメータが異なる値になっている。また、負圧載荷開始 140 日 後の重みの分布形状を図-7 に示す。ここでは、特に正規分布に近い 形状となった と=0.21 を適切な分散値とし、その結果のみ示す。圧縮 指数と透水係数の重みの分布を比較すると、圧縮指数において重み の大きい粒子が広範囲に分布している。これは透水係数の観測値に 対する感度が圧縮指数よりも高いために起こったものと考えられる。 しかし、圧縮指数は将来的な変形(残留沈下、リバウンド量)を求 めるために重要なパラメータとなるので、本文では k を固定して λ を再度同定する。透水係数 k を一回目で得られた同定パラメータ k= 1.14×10⁻⁷ (cm/sec), 圧縮指数λは粒子数を70とし, 一様乱数により 0.581 ≤ λ≤1.115 の範囲で作成した。図-8 に負圧載荷開始 140 日後の 重みの分布形状を示す。重み分布の形状に鑑み、と=0.21 を適切な分 散値とした。図-9に同定パラメータ(λ=0.820, k=1.14×10⁻⁷ (cm/sec)) を用いた順解析結果を示す。

図-10に同定パラメータを用い、対象領域について吸引開始 22 日 後、140 日後の地表面沈下量を解析した結果を示す。室内土質試験結 果より、膨潤指数 κは圧縮指数 λに従属させて特定できるものとす ると、現実に即した圧密特性を同定することで、対象領域について 負圧載荷停止、盛土撤去後の残留沈下量、もしくはリバウンド量の 予測精度を高めることができると考えられる。

5.おわりに

施工管理の方法が確立されていない大気圧工法が適用された地盤 について,施工中に計測した地表面沈下量の結果を用いてデータ同 化を行った。既往の研究にある,応力経路を考慮しない圧密沈下計 算に基づいたデータ同化の検討に対し,地盤内の応力状態をより適 切に表現できる SYS カムクレイモデルを使用し, PF でパラメータ同 定を行った。その結果,予測困難な大気圧載荷による沈下挙動を表 わすことができた。また, PF は解析結果を確率分布の形で表現可能 であるため,将来沈下量の確率分布の予測により,負圧載荷停止時 期など設計・施工管理の評価に適用可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 珠玖隆行,村上 章,西村伸一,藤澤和謙,中村和幸:粒子フィ ルタによる神戸空港島沈下挙動のデータ同化,応用力学論文集, 13:99-105,2010.
- Shuku, T., Murakami, A., Nishimura, S., Fujisawa, K. and K. Nakamura: Data assimilation for experimental behavior of soil deposit by the particle filter, *Soils and Foundations*, 52(2), 2012.
- 3) Asaoka, A., Noda, T., Yamada, T., Kaneda, K. and M. Nakano: An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, *Soils and Foundations*, 42(5): 47-57, 2002.
- 4) 金田一広・渡部要一・山崎浩之・新舎 博・椎名貴彦:水〜土連成計算による真空圧密工法の改良メカニ ズムの検討とその適用例,地盤工学ジャーナル,4(3):245-258,2009.



140 日後の沈下量